

Листинг 1 – Код для Arduino:

```
const int ANALOG_INPUT_PINS[] = {A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6};
const int LED_PINS[] = {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8};
int previousValues[7] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
void setup() {
  for (int i = 0; i < 7; i++) {
    pinMode(LED_PINS[i], OUTPUT);
  }
  Serial.begin(9600); // Инициализация последовательного порта
}
void loop() {
  if (Serial.available() > 0) { // Проверка наличия данных в последовательном порту
    String command = Serial.readStringUntil('\n'); // Считывание команды
    if (command.equals("start")) { // Проверка команды
      unsigned long startTime = millis();
      unsigned long ledOnTimes[7]; // массив для хранения времени зажигания каждого светодиода
      ledOnTimes[LED_PINS[i]] = millis(); // сохраняем текущее время для светодиода
      while (millis() - startTime < 120000) {
        for (int i = 0; i < 7; i++) {
          int sensorValue = analogRead(ANALOG_INPUT_PINS[i]);
          if (sensorValue != previousValues[i]) {
            previousValues[i] = sensorValue;
            if (sensorValue > 512) {
              digitalWrite(LED_PINS[i], HIGH);
            } else {
              digitalWrite(LED_PINS[i], LOW);
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

Разработанная программа для автоматизированной системы с использованием платформы Arduino Mega 2560 (Rev3) позволит реализовать методику оценки скорости распространения жидкости в исследуемых материалах.

Список использованных источников

1. Тищенко, Д. А. Исследование гигиенических факторов и разработка рекомендаций для повышения качества текстильных материалов / Д. А. Тищенко // Лучшая научно-исследовательская работа 2018 : сборник статей XVII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 20 ноября 2018 года / Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 45–49
2. Науменко, А. М. Разработка системы измерения динамических свойств переноса жидкостей текстильных изделий / А. М. Науменко, Б. О. Муравьев // 56-я Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов, Витебск, 19 апреля 2023 г.: Тезисы докладов, – Витебск: УО «ВГТУ», 2023. – С. 177

УДК 681.5:687.052

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ СОДЕРЖАНИЯ ВЕЩЕСТВ С УЧЁТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

*Бувевич А.Э., к.т.н., доц., Бувевич Т.В., к.т.н., доц.
Витебский государственный университет имени П.М. Машерова,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Разработано программное обеспечение, которое позволяет в автоматизированном режиме выполнять вычисления содержания веществ с учетом неопределенности измерений и получать необходимые результаты сразу после ввода исходных данных без сложных математических расчетов.

Ключевые слова: автоматизированный расчет, неопределенность измерений, содержание веществ, программное обеспечение.

Измерение любой физической величины неизбежно связано с понятием погрешности измерений. Никакое измерение не дает истинного значения определяемой величины и

сопровождается той или иной погрешностью, которая возникает при отклонении результата измерений от истинного значения измеряемой величины по различным причинам. С учетом того, что истинное значение измеряемой физической величины неизвестно, невозможно точно вычислить и погрешность измерения физической величины [1].

В классической теории погрешностей предлагалось использовать понятие условно истинного значения измеряемой величины, которое определяется экспериментально из предположения, что результат эксперимента или измерения наиболее близок к истинному значению измеряемой величины. При таком подходе понятие истинного значения применяется только в теоретических исследованиях. На практике для определения погрешности измерения необходимо сначала провести экспериментальные исследования по оценке значения измеряемой величины. Такие эксперименты в большинстве случаев сводятся к проведению многократных измерений. При этом надо быть уверенным, что полученные оценки измеряемой величины действительно близки к ее истинному значению. Полученное экспериментальное значение принято считать условно истинным [2].

При проведении исследований не всегда имеется возможность выполнять многократные измерения. Поэтому было введено понятие неопределенности, которое понимается как сомнение в точности измерения истинного значения физической величины. Неопределенность измерения представляет собой параметр, связанный с результатом измерения, характеризующим разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Задача автоматизации расчетов с учетом неопределенности является актуальной. Определение содержания веществ с учетом неопределенности измерений требует помимо лабораторных исследований еще и множество достаточно сложных математических расчетов. Разработанное программное обеспечение позволяет в автоматизированном режиме выполнять расчеты, что существенно повышает производительность вычислений, обеспечивает требуемые точность и адекватность расчета, исключает случайные ошибки.

Работа выполнялась на ООО «ВиннерАгро», г. Гродно, ведущем предприятии по производству кормовой продукции для сельскохозяйственных животных и птицы. Разработано программное обеспечение, которое позволяет выполнять вычисления содержания веществ с учетом неопределенности измерений в автоматизированном режиме. Для лаборатории предприятия разработаны компьютерные программы, которые реализуют методики определения содержания нейтрально-детергентной клетчатки в кормах с применением амилазы по ГОСТ ISO 16472–2014, определения содержания массовой доли влаги по ГОСТ 13496.3–92, определения содержания массовой доли крахмала в зерне по ГОСТ 10845–98, определения массовой доли сырой золы по ГОСТ 26226–95 с учетом точности измерительных устройств и неопределенности измерений.

Рассмотрим методику определения содержания нейтрально-детергентной клетчатки в кормах с применением амилазы с учетом неопределенности измерений. Сущность метода заключается в использовании раствора нейтрального детергента и термостабильной альфа-амилазы для растворения легкопереваримых белков, жиров, сахаров, крахмала и пектиновых веществ в кормах животного происхождения с оставлением нерастворимого волокнистого остатка, представляющего собой, главным образом, компоненты клеточных стенок растительных материалов (целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина) и нерастворимые азотистые вещества.

Функция измерений для измеряемой величины составляется на основании принципа измерений, заложенного в методе измерений, описанном для реализации в методике выполнения измерений по ГОСТ ISO 16472–2014 [3]:

$$w_{a\text{NDF},ar} = 100 \frac{(m_{ce} - m_c - m_{be} + m_b)}{m_s}, \quad (1)$$

где $w_{a\text{NDF},ar}$ – содержание нейтрально-детергентной клетчатки с применением амилазы в полученной пробе, %; m_{ce} – масса пробы и тигля после экстракции и сушки, г; m_c – масса тигля, включая средство для фильтрования, до помещения пробы, г; m_s – масса анализируемой пробы, г; m_b – средняя масса тигля холостого опыта, включая средство для фильтрования, г; m_{be} – средняя масса тигля холостого опыта, включая средство для фильтрования после экстракции и сушки, г.

При анализе входных величин учитываются массы навесок m_{ce} , m_c , m_s , m_b , m_{be} , которые определяются путем взвешивания на весах лабораторных, пределы погрешности взвешивания которых составляют $\pm \Delta$.

Неопределенность, связанная с измерением массы навесок m_{ce} , m_c , m_s , m_b , m_{be} , оценивается

по данным изготовителя весов. В паспорте на весы лабораторные для диапазона измерений указаны пределы погрешности взвешивания $\pm 0,0001$ г. Поскольку значение дано без доверительной вероятности, принимаем треугольное распределение значений погрешности взвешивания. Стандартная неопределенность массы навесок m_{ce} , m_c , m_s , m_b , m_{be} оценивается по формуле:

$$u_m = \frac{\Delta}{\sqrt{6}}, \quad (2)$$

Вклад массы навесок m_{ce} , m_c , m_s , m_b , m_{be} определяется как частные производные функции измерений, представленной формулой (1), по входным величинам. Вычисления представлены формулами 3–7:

$$\Delta m_c = \frac{\partial(w_{aNDF,ar})}{\partial m_c} = -\frac{100}{m_s}, \quad (3)$$

$$\Delta m_b = \frac{\partial(w_{aNDF,ar})}{\partial m_b} = \frac{100}{m_s}, \quad (4)$$

$$\Delta m_{ce} = \frac{\partial(w_{aNDF,ar})}{\partial m_{ce}} = \frac{100}{m_s}, \quad (5)$$

$$\Delta m_{be} = \frac{\partial(w_{aNDF,ar})}{\partial m_{be}} = -\frac{100}{m_s}, \quad (6)$$

$$\Delta m_s = \frac{\partial(w_{aNDF,ar})}{\partial m_s} = \frac{100(m_{ce} - m_c - m_{be} + m_b)}{m_s^2}, \quad (7)$$

где Δm_c , Δm_b , Δm_{ce} , Δm_{be} , Δm_s – весовые коэффициенты.

Стандартная неопределенность, связанная с оценкой среднего значения двух параллельных измерений, является экспериментальным стандартным отклонением среднего значения и равна положительному квадратному корню из экспериментальной дисперсии среднего значения. Стандартная неопределенность $u(w_{aNDF,ar})_{cp}$ определяется по формуле:

$$u(w_{aNDF,ar})_{cp} = \sqrt{\frac{((w_{aNDF,ar,cp} - w_{aNDF,ar,1})^2 + (w_{aNDF,ar,cp} - w_{aNDF,ar,2})^2)}{n(n-1)}}, \quad (8)$$

где $w_{aNDF,ar,cp}$ – среднее значение определения содержание нейтрально-детергентной клетчатки с применением амилазы в полученной пробе; $w_{aNDF,ar,1}$ – первое значение определения содержание нейтрально-детергентной клетчатки с применением амилазы в полученной пробе; $w_{aNDF,ar,2}$ – второе значение определения содержание нейтрально-детергентной клетчатки с применением амилазы в полученной пробе; n – количество параллельных определений.

При оценке суммарной неопределенности от разных весовых источников m_{ce} , m_c , m_s , m_b , m_{be} производится суммирование стандартных неопределенностей входных величин. Навески m_{ce} , m_c , m_s , m_b , m_{be} являются величинами не коррелированными, поэтому суммирование в случае отсутствия корреляции входных величин осуществляется с учетом весовых коэффициентов, в качестве которых используют соответствующие частные производные, представленные выражениями 3–7. Суммарная неопределенность рассчитывается по формуле:

$$U = \sqrt{u_m^2 \Delta m_c^2 + u_m^2 \Delta m_b^2 + u_m^2 \Delta m_{ce}^2 + u_m^2 \Delta m_{be}^2 + u_m^2 \Delta m_s^2 + u(w_{aNDF,ar})^2}. \quad (9)$$

Расширенная неопределенность с коэффициентом охвата k рассчитывается по формуле:

$$U_k = k U, \quad (10)$$

где U_k – расширенная неопределенность с коэффициентом охвата k ; k – коэффициент охвата ($k = 2$ при вероятности охвата случайной величины 95 %, $k = 3$ при вероятности охвата случайной величины 99 %); U – суммарная неопределенность.

Окончательный результат определения содержания нейтрально-детергентной клетчатки с применением амилазы с учетом неопределенности измерений с коэффициентом охвата k представлен следующей формулой:

$$W = w_{aNDF, ar} \pm U k. \quad (11)$$

Разработанное инновационное программное обеспечение исключает случайные ошибки вычислений, повышает производительность расчетов, позволяет получать необходимые результаты сразу же после ввода данных.

Разработанные методики внедрены и используются на предприятии ООО «Виннер-Агро», город Гродно. Валидация компьютерных программ подтверждает точность и адекватность реализованной модели расчетов.

Список использованных источников

1. Заяц, Н.И. Оценка неопределенности измерений: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» / Н. И. Заяц, О. В. Стасевич. – Минск : БГТУ, 2012. – 91 с.
2. Руководство по выражению неопределенности измерения / пер. с англ. под ред. В. А. Слаева. – СПб.: ГП ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, 1999. – 134 с.
3. ГОСТ ISO 16472-2014. Корма для животных. Определение содержания нейтрально-детергентной клетчатки с применением амилазы (аНДК). Москва : Стандартинформ, 2014. – 19 с.

УДК 621.8

ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РАЗВОРОТА КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТА

Штейн В.Р., маг, Богачева С.Ю., к.т.н., доц.

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва*

Реферат. В статье проведен анализ существующих систем разворота и перевозки тяжелых объектов. Рассмотрена типовая платформа для разворота транспортных средств. Обзор платформ разворота транспорта позволяет выявить необходимость дальнейшей разработки специализированной платформы, способной эффективно и безопасно перемещать колесное производственное оборудование.

Ключевые слова: поворотная платформа, поворотный круг, веерное депо, колесное производственное оборудование.

В современных производственных процессах часто требуется поворот и перевозка машин или громоздкого оборудования, таких как строительные или промышленные машины, сельскохозяйственные тракторы и другие подобные устройства. Использование автоматизированной платформы для разворота колесного производственного оборудования может значительно упростить и ускорить этот процесс. Поворотные платформы представляют собой электромеханические устройства, предназначенные для постоянного вращения или переворота на заданный угол транспортных средств или предметов разного назначения [1].

Существуют определенные решения и технологии в этой области, но имеются возможности для дальнейшего совершенствования и улучшения процесса разворота колесного производственного оборудования. Разработки в этой области включают создание специализированного оборудования, использование робототехники, алгоритмов управления и механизмов, позволяющих платформе разворачивать и перемещать тяжелые объекты. На первом этапе исследования необходимо провести анализ существующих систем разворота и